VILNIUS TECH
Vilniaus Gedimino technikos universitetas

28-oji Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminė konferencija
Proceedings of the 28th Conference for Junior Researchers “Science – Future of Lithuania”

DARNI APLINKA / SUSTAINABLE ENVIRONMENT

2025 m. balandžio 24 d., Vilnius, Lietuva
24 April 2025, Vilnius, Lithuania

ISSN 2029-7157 / eISSN 2029-7149
eISBN 978-609-476-390-8
https://doi.org/10.3846/da.2025.013

Aplinkos apsaugos inžinerija / Environmental Protection Engineering *https://vilniustech.lt/346238*

KRITULIŲ PARAMETRŲ ANALIZĖ IR TAIKYMAS SISTEMOMS PROJEKTUOTI

Vygailė MAMENIŠKYTĖ, Mindaugas RIMEIKA*

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Aplinkos inžinerijos fakultetas, Aplinkos apsaugos ir vandens inžinerijos katedra, Vilnius, Lietuva

**El. paštas mindaugas.rimeika@vilniustech.lt*

Gauta 2025 m. vasario 24 d.; priimta 2025 m. kovo 17 d.

Santrauka. Keičiantis klimatui, keičiasi ir lietaus intensyvumas. Smarkūs lietūs gali sukelti dideles problemas, tokias kaip gatvių užtvindymas, pastatų rūsių užliejimas bei suardyta infrastruktūra. Norint išvengti lietaus padarinių yra naudojamos paviršinių nuotekų šalinimo tinklų sistemos, per kurias lietaus nuotekos yra surenkamos ir nutekinamos iki paviršinių vandens telkinių, kur yra išleidžiamos. Tam, kad sistema veiktų patikimai, turi būti apskaičiuojamas galimas susidarysiantis paviršinių nuotekų kiekis. Pagal apskaičiuotą paviršinių nuotekų debitą parenkami vamzdynų skersmenys, kurie turi užtikrinti, kad sistema veiktų tinkamai. Šio straipsnio tikslas yra įvertinti Šiaulių miesto lietaus intensyvumo duomenų kaitą 1968–2023 m. ir išanalizuoti jų poveikį suprojektuotai sistemai.

Reikšminiai žodžiai: krituliai, lietus, lietaus intensyvumas, lietaus nuotekų tinklas ir paviršinės nuotekos.

1. Įvadas

Keičiantis lietaus intensyvumo duomenims, projektuojant paviršinių (lietaus) nuotekų šalinimo sistemas, keičiasi ir apskaičiuojamas lietaus nuotekų debitas. Pagal pasikeitusį nuotekų debitą turi būti pritaikomos tinkamesnių skersmenų sistemos, kurios būtų hidrauliškai patikimos, pasikeitusiam skaičiuojamajam nuotekų debitui. Projektuojant lietaus nuotekų sistemas, būtina atsižvelgti į intensyviai didėjantį kritulių kiekį (EPA, 2024) ir intensyvumą (LHMT, 2024) bei skaičiavimams naudoti naujus, jau pritaikytus esamai situacijai lietaus intensyvumo duomenis.

Praėjo daugiau kaip 30 metų, kai lietaus intensyvumo duomenys nebuvo atnaujinti, o yra teigiama, kad klimatas keičiasi ir lietaus intensyvumai didėja. Lietaus intensyvumui didėjant, paviršinių nuotekų kiekiai skaičiuojami naudojant išnagrinėtus 1968–1991 m. duomenis, gaunami netikslūs nuotekų debitai, todėl projektuojami nuotekų šalinimo tinklai nepajėgia sukaupti reikiamo nuotekų kiekio, esant didesniam lietaus intensyvumui.

Šiandienos klimato kaitos padariniai kartu su spartėjančiu urbanizacijos procesu (Christopher, 2012) didina poreikį projektuoti naujas ir rekonstruoti senas, nepajėgiančias priimti padidėjusio nuotekų debito, paviršinių (lietaus) nuotekų šalinimo sistemas (Brownfeld, 2024). Tiek projektuojant naujas, tiek rekonstruojant senas sistemas, būtina atsižvelgti į pasikeitusį lietaus intensyvumą. Projektuojamos sistemos su perskaičiuotais lietaus intensyvumo duomenimis užtikrins efektyvų paviršinių (lietaus) nuotekų sistemų veikimą (Christopher et al. 2012).

Tyrimo objektas

Šiaulių miesto meteorologijos stoties duomenys.

2. Tyrimo metodika

Šio miesto geografinė padėtis lemia, jog klimatas yra žemyninis. Miestui būdingi ryškūs sezoniniai kritulių kiekio svyravimai.

Vienas iš svarbiausių darbo procesų – lietaus intensyvumo duomenų apdorojimas. Šiuo etapu svarbiausia tinkamai apdoroti surinktus duomenis. Dėl šių duomenų netikslumų ateityje projektuojamos sistemos gali veikti netinkamai ir išanalizuoti duomenys neturės prasmės.

Siekiant suprojektuoti tinkamas lietaus surinkimo sistemas, būtina tiksliai nustatyti susidarančių nuotekų kiekį. Pagrindinis rodiklis, nustatant nuotekų debitą, yra

© 2025 Autoriai. Leidėjas Vilniaus Gedimino technikos universitetas. Šis straipsnis yra atvirosios prieigos straipsnis, turintis Kūrybinių bendrijų (Creative Commons) licenciją (CC BY 4.0), kuri leidžia neribotą straipsnio ar jo dalių panaudą su privaloma sąlyga nurodyti autorių ir pirminį šaltinį.

lietaus intensyvumas. Šis parametras yra nustatomas tik apdorojus daugiamečius lietaus duomenis.

Darbe nagrinėjami 50 metų laikotarpio lietaus intensyvumo, trukmės ir pasikartojimo duomenys. 50 metų dėsningumams analizuoti remiamasi 2000 m. atliktu tyrimu (Rimeika, 2000), kuriame buvo išanalizuoti duomenys nuo 1967 m. iki 1996 m.

1996–2023 m. surinktų duomenų tikslumas priklauso nuo įvairių subjektyvių ir objektyvių priežasčių: prietaiso matavimo tikslumo, vėjo stiprumo, drėkinimo, garavimo intensyvumo ir instrumentinių paklaidų, prietaiso pastatymo vietos, stebėtojų kvalifikacijos ir kt. Iš Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos senesni gauti duomenys yra po pirminių pliuviogramų apdorojimų. Naujesni duomenys yra matuoti automatiniu lietaus intensyvumo matavimo prietaisu. Pagal lietaus duomenų, pateiktų lentelėse, apdorojimo tvarką nepriklausomu vienas nuo kito lietumi laikomas toks lietus, kai lyja bet kokiu intensyvumu be pertraukos arba su pertraukomis, ne ilgesniais kaip 60 min laiko intervalais.

Projektavimo metu yra svarbiausia lietaus dalis ta, kuri sukelia paviršinį nuotėkį, todėl lietaus intensyvumas lietaus metu gali itin skirtis.

Praėjus tam tikram laikui, lietaus intensyvumas padidėja ir vėl formuojasi nuotėkis. Atskiru lietumi yra laikoma, kai lyja didesniu nei 0,02 mm/min (3,3 l/(s·ha) intensyvumu. Kai intensyvumas mažesnis nei 0,02 mm/min ir lietus trunka ne ilgiau kaip 30 min, atskiru lietumi nėra laikoma. Tarp dviejų atskirų lietų esantis lietus į skaičiavimus neįtraukinėjamas (Rimeika, 2000)

Kadangi lietaus intensyvumas kinta, todėl skaičiuojamas tik momentinis arba tam tikros trukmės vidutinis intensyvumas. Dažniausiai naudojamas vidutinis, 10 min trukmės, lietaus intensyvumas. Pliuviogramoms apdoroti pasirinkus trumpesnį laiko intervalą žymiai padidėja darbo sąnaudos, o, atsižvelgiant į šiuo metu naudojamų prietaisų tikslumą, santykinė paklaida nustatant intensyvumą gali padidėti 5–10 % (Rimeika, 2000). Kiekvieno lietaus atveju nustatytas maksimalus vidutinis 10, 20, 30, 40, ..., 90 min trukmės lietaus intensyvumas, nepriklausomai nuo to, ar maksimalus intensyvumas įvyko lietaus pradžioje, viduryje ar gale.

Karojimosi periodas – laikotarpis, per kurį tam tikros trukmės ir intensyvumo lietus pasikartoja vieną kartą.

Kartojimosi periodas (metais) apskaičiuojamas pagal Kalifornijos formulę:

$$N = \frac{n}{m}, \tag{1}$$

čia n – lietaus matavimo duomenų trukmė metais; m – lietaus intensyvumo variacinės eilutės, išdėstytos mažėjimo tvarka, eilės numeris.

Remiantis 2000 m. atliktu tyrimu, nurodoma, kad kartojimosi periodas (vieną kartą per N metų) yra atvirkštine priklausomybe susijęs su kartojimosi dažnumu kartais per metus:

$$K = \frac{1}{N}. \tag{2}$$

Tiesinės interpoliacijos būdu galima apskaičiuoti kartojimosi periodo lietaus intensyvumo reikšmę. Jei ieškoma intensyvumo reikšmė atitinka kartojimosi periodą (N^*), esantį tarp m ir $m + 1$, tai intensyvumą galima apskaičiuoti pagal formulę:

$$I_N = I_m - (I_m - I_{m+1})\frac{N_m - N^*}{N_m - N_{m+1}}, \tag{3}$$

čia I_m – lietaus intensyvumas, nustatomas iš variacinių eilučių; N – kartojimosi periodas, apskaičiuojamas pagal 2.1 formulę.

Kartojimosi periodą su kartojimosi tikimybe metuose sieja Puasono nepriklausomų įvykių dėsnis:

$$p = (1 - e^{-\frac{1}{N}}) \times 100 \ \%, \tag{4}$$

čia p – kartojimosi tikimybė, %; N – kartojimosi periodas metais.

Lauko paviršinių (lietaus) nuotekų debitas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$Q_{lt} = I \times F \times C_{vid.}, \ l/s, \tag{5}$$

čia I – lietaus intensyvumas (l/s·ha); F – skaičiuotinas nuotėkio baseino plotas (ha); $C_{vid.}$ – vidutinis svertinis nuotėkio koeficientas.

Vidutinis svertinis nuotėkio koeficientas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$C_{vid.} = \frac{\sum C_i \times F_i}{F}, \tag{6}$$

čia C_i – būdingų nuotėkio baseino paviršių nuotėkio koeficientai; F_i – tam tikromis paviršiaus savybėmis pasižyminti (baseino daliai priskiriamas nuotėkio koeficientas C_i) nuotėkio baseino dalis, ha; F – skaičiuotinas nuotėkio baseino plotas, ha.

3. Rezultatai

Šiame tiriamajame darbe analizuojami Šiaulių meteorologijos stoties daugiamečių lietaus parametrų matavimo duomenys. Nagrinėjami duomenys nuo 1968 iki 2023 m., kurie surinkti iš Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos. Nuo 1968 iki 2012 m. pabaigos duomenys yra matuoti rankiniu būdu, pliuviografu ir tik šiltuoju laikotarpiu. Nuo 2013 m. lietaus intensyvumas ir kiekis matuotas automatizuotais prietaisais kas 10 min.

Naujai gauti lietaus intensyvumo duomenys buvo apdoroti lygiai tokia pačia metodika kaip ir STR 2.07.01:2003 pateikti duomenys.

Lietaus parametrų matavimo duomenų trūkumas gali atsirasti dėl įvairių techninių, žmogiškųjų ar gamtinių priežasčių. Viena iš pagrindinių priežasčių – matavimo prietaisų gedimai. Taip pat trūkumų galėjo atsirasti dėl žmogiškųjų veiksnių, tokių kaip klaidos, atsiradusios surenkant duomenis, bei personalo trūkumas. Įskaitoma ir nepakankama archyvavimo sistema bei pasenę ir nekokybiškai veikiantys prietaisai.

Nagrinėjant skirtingus laikotarpius 1993–2023 m. ir 1973–2023 m. bei lyginant su šiuo metu naudojamais lietaus intensyvumo rodikliais, buvo sudaroma vidutinio lietaus intensyvumo priklausomybė nuo lietaus trukmės. Apdorojus visus įvykusius lietaus atvejus ir atitinkamai kiekvienos trukmės maksimalius vidutinius lietaus intensyvumo rodiklius surašius į variacines eilutes, gaunami pradiniai duomenis statistinei analizei. Šiaulių miesto šiuo metu naudojami intensyvumo rodikliai palyginami su naujai suskaičiuotais 30 metų ir 50 metų trukmės lietaus intensyvumo rodikliais.

Pateikiami trijų pasikartojimo tikimybių lietaus intensyvumo duomenys, kurie dažniausiai naudojami praktiniams skaičiavimams. Lietūs, pasikartojantys:

– vieną kartą per 10 metų;
– vieną kartą per 5 metus;
– vieną kartą per 1 metus.

Skirtumai tarp Statybos techninio reglamento (STR) 10 priede pateiktų lietaus intensyvumo duomenų ir paskutinių 30 ir 50 metų išanalizuotų lietaus intensyvumo duomenų pateikiami 1 lentelėje.

Skirtingų tikimybių lietaus intensyvumo duomenų palyginimas yra ypač didelis analizuojant trumpus ir intensyvius lietus. Didžiausias pokytis – trumpo, 10 minučių trukmės lietaus.

Lyginant du skirtingus laikotarpius, lietaus intensyvumas Šiaulių mieste yra didesnis, kai nagrinėjami 30 metų duomenys.

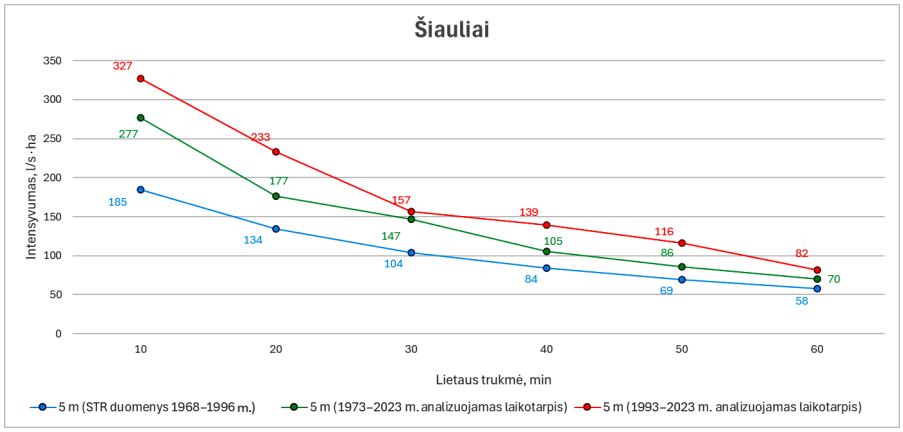
1 paveiksle pateikiamas grafikas, kur palyginami naujai perskaičiuoti 30 ir 50 metų duomenys su šiuo metu naudojamais lietaus intensyvumo rodikliais.

Nagrinėjant 5 metų kartojimosi periodą, kai lietaus trukmė 10 min., 50 metų nagrinėjamų duomenų lietaus

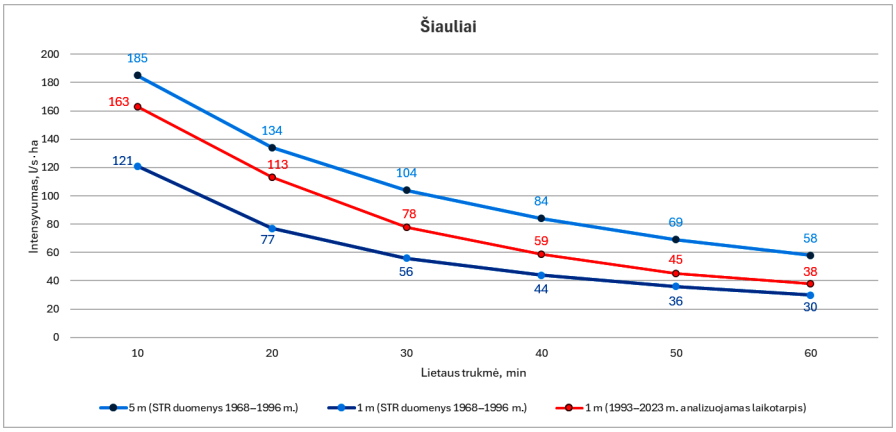
1 lentelė. Apdoroti lietaus intensyvumo duomenys

Miestas	Metai	Vidutinis lietaus intensyvumas (l/s·ha), kai lietaus trukmė (min)						Kartojimosi periodas, metai
		10	20	30	40	50	60	
Šiauliai	1973–2023	483	244	180	147	120	93	10
Šiauliai	1993–2023	607	288	198	150	125	108	10
Šiauliai	1968–1996*	236	166	128	104	88	76	10
Šiauliai	1973–2023	277	177	147	105	86	70	5
Šiauliai	1993–2023	327	233	157	139	116	82	5
Šiauliai	1968–1996*	185	134	104	84	69	58	5
Šiauliai	1973–2023	122	89	62	50	40	32	1
Šiauliai	1993–2023	163	113	78	59	45	38	1
Šiauliai	1968–1996*	121	77	56	44	36	30	1

**Pastaba:* STR 2.07.01:2003 pateikti duomenys



1 paveikslas. 30 ir 50 metų lietaus intensyvumo duomenų palyginimas, kai kartojimosi periodas 5 metai



2 paveikslas. 1 ir 5 metų kartojimosi periodo palyginimas

intensyvumas mažesnis 29 %, tačiau didesnis už šiuo metu naudojamus lietaus intensyvumo rodiklius 33 %. Kai lietaus trukmė 20 min., 50 ir 30 metų duomenys skiriasi 24 %, o 50 metų duomenys už STR esančius intensyvumo rodiklius didesnis 24 %. Kai lietaus trukmė pasiekia 1 valandą, 50 metų naujai perskaičiuotas intensyvumas yra mažesnis 15 %, bet didesnis už naudojamus intensyvumo rodiklius 17 %.

Nagrinėjant 30 metų laikotarpio lietaus intensyvumo duomenis Šiaulių mieste ir lyginant su šiuo metu naudojamais lietaus intensyvumo rodikliais, pastebimas 1 metų kartojimosi periodo lietaus intensyvumo rodiklių priartėjimas prie esamų šių dienų lietaus intensyvumo rodiklių prie 5 metų kartojimosi periodo.

2 paveiksle pateikiamas 5 ir 1 metų kartojimosi periodo esamų ir naujai perskaičiuotų intensyvumų palyginimas.

Šiuo metu, projektuojant paviršinių (lietaus) nuotekų šalinimo sistemas, skaičiuoti imama 20 min trukmės ir 5 metų kartojimosi periodo lietaus intensyvumo rodikliai. Tam, kad būtų galima patikrinti lietaus intensyvumo pokyčio svarbą lietaus sistemų projektavimo srityje, perskaičiuojamas susidarysiantis lietaus kiekis naudojant naujai perskaičiuotą intensyvumo rodiklį, kai lietaus trukmė 20 min, o kartojimosi periodas 5 metai.

Šiuo atveju siekiant patikrinti, kaip nauji intensyvumai pakeičia paviršinių (lietaus) nuotekų šalinimo sistemų vamzdynų skersmenis, laikoma, kad F = 5 ha, o C – 0,95, kai paviršius iš asfalto ar betono.

Projektuojant šias sistemas, lietaus debito skaičiavimams taikomos Statybos techniniame reglamente (STR 2.07.01:2003), 9 priede nurodytos formulės.

Lietaus nuotekų debitas naudojant STR pateiktą intensyvumą:

$$Q_{lt} = 134 \times 5 \times 0{,}95 = 637 \ \ l/s.$$

Lietaus nuotekų debitas naudojant perskaičiuotą intensyvumą:

$$Q_{lt} = 233 \times 5 \times 0{,}95 = 1107 \ \ l/s.$$

Lietaus debitas susidaro 470 l/s didesnis nei skaičiuojant su šiuo metu naudojamais intensyvumais.

Paviršinių nuotekų tinklai projektuojami daugiau nei 50 metų į ateitį, todėl esant tokiems ryškiems pokyčiams, projektuojant sistemas, būtina atsižvelgti į pasikeitusį lietaus intensyvumą.

4. Išvados

1. Rekomenduojama skaičiavimams pasirinkti 30 metų nagrinėto laikotarpio lietaus intensyvumo skaičiavimo rezultatus, nes beveik visos didžiausio intensyvumo liūtys užfiksuotos nuo 1993 metų. Taip pat stebint klimato kaitos procesus, galima daryti prielaidą, kad lietaus intensyvumai tik didės, o paviršinių (lietaus) nuotekų šalinimo sistemos projektuojamos ir statomos ilgam laikui.
2. Šiauliuose pastebėtas reikšmingas lietaus intensyvumo augimas visose trukmėse ir kartojimosi perioduose. Esant 20 min. lietaus trukmei, esant skirtingiems kartojimosi periodams, Šiaulių mieste lietaus intensyvumas vidutiniškai pakilo 74 %. Lietaus trukmei ilgėjant Šiaulių mieste vidutinis pokytis nustatytas 35 %.
3. Naujai perskaičiuoti Šiaulių miesto 1 metų kartojimosi periodo lietaus intensyvumai artėja prie 5 metų kartojimosi periodo reikšmių, kurios nurodytos STR. Tai rodo intensyvesnius lietus ir būtinybę peržiūrėti ir pakeisti STR nurodytus lietaus intensyvumus.

Literatūra

Brownfeld, J. (2024). *URBAN FLOODING: Causes, Impacts and Mitigation Strategies*. Carrison flood control. https://www.garrisonflood.com/blog/urban-flooding-causes-impacts-and-mitigation-strategies?srsltid=AfmBOopXjJ08vnFWdISzmC_LM2SCVr8IduhX9SkFrDT2wEUHNORclrmc

EPA, United States Environmental Protection Ageny. (2023). *Soak Up the Rain: What's the Problem?*
https://www.epa.gov/soakuptherain/soakrainwhatsproblem

Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija. (2007). *Įsakymas dėl paviršinių nuotekų tvarkymo reglamento patvirtinimo* (D1-193).
https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.295779

Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba. (2024). *Standartinė klimato norma.*
https://www.meteo.lt/klimatas/lietuvos-klimatas/skn/

Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija. (2003). *Vandentiekis ir nuotekų šalintuvas. Pastato inžinerinės sistemos. Lauko inžineriniai tinklai.* (STR 2.07.01:2003).
https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.216857/asr

Lietuvos standartizacijos departamentas. (2015). *Lauko nuotakynai* (LST EN 752).

Rimkus, E. (2011). *Meteorologijos įvadas*. Vilniaus universitetas.

Rimeika, M. (2000). *Kritulių parametrų, lietaus nuotakynui ir valykloms projektuoti, analizė* [Daktaro disertacija, Vilniaus Gedimino technikos universitetas]. Bibliotekos katalogas.

Walsh, J. Ch., Fletcher, D. T., & Burns, J. M. (2012). Urban Stormwater Runoff: A New Class of Environmental Flow Problem. *Plos One*. https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0045814

RAINFALL DATA ANALYSIS AND APPLICATION FOR DESIGN OF STORMWATER SYSTEMS

V. MAMENIŠKYTĖ, M. RIMEIKA

Abstract. As the climate changes, rainfall intensity also shifts. Heavy rains can cause significant problems such as street floods, basement inundation, and damaged infrastructure. To lower the effects of rainfall, stormwater drainage systems are used to collect and channel rainwater to surface water bodies for discharge. For the system to function reliably, the potential amount of surface runoff must be calculated. Based on the estimated runoff flow rate, pipe diameters are selected to ensure the system operates effectively. This article aims to assess changes in rainfall intensity data in Šiauliai from 1968 to 2023 and analyze their impact on the designed drainage system.

Keywords: precipitation, rain, rain intensity, stormwater network, surface runoff.